

0.01d 폴리에스테르 초극세 섬유의 염색성 및 역학적 성질

박재민 · 정동석 · 노환권¹ · 류현재² · 이문철*

부산대학교 섬유공학과, ¹(주)코오롱 중앙기술원 Fiber 연구소, ²(주)대우인터내셔널/부산

Dyeing and Mechanical Properties of 0.01d Polyester Ultramicro Fiber

Jae Min Park, Dong Seok Jeong, Hwan Kown Rho¹, Hyun Jae Ryu²
and Mun Cheul Lee*

Dept. of Textile Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

¹Fiber & Textile Research Institute, Kolon Central Research Park, Kumi 730-030, Korea

²Daewoo International Corp./ISM, Pusan 618-820, Korea

(Received June 5, 2006/Accepted August 10, 2006)

Abstract— In this article, effect of the dyeing and mechanical properties were investigated on the polyester ultramicro fiber(UMF) and knitted fabric varying fiber fineness(0.01d and 0.05d). By a treatment with NaOH solution, sea-ingredient was removed and polyester micro-fiber was revealed. The dyeing, build-up and fastness properties of the fiber and fabrics were observed. We used C.I. Disperse Red 60 and Blue 56 for dyeing property and eight Lumacron dyes for build-up property and colorfastness. At low temperature dyeing(100°C), the dyeing rate of 0.01d-polyester UMF increased more than that of 0.05d-polyester UMF with Disperse Red 60 and Blue 56 whereas dyeing rate of 0.05d-polyester UMF were increased more than that of 0.01d-polyester UMF at high temperature(120°C), The colorfastnesses of the 0.05d-fiber knitted fabric such as washing, rubbing and light was higher than those of the 0.01d-fiber knitted fabric.

Keywords: sea-island, build-up, dyeing property, disperse dyes, colorfastness

1. 서 론

극세섬유는 인공피혁, 스웨트조 소재, 피치감을 지닌 소재 등의 기모소재나 신타섬 등에 다양하고 폭넓게 사용되며, 특히 감성면이 강조되는 피치스킨조의 신타섬의 상품으로 주로 사용된다. 초극세 섬유로 감성면에서의 특성을 가장 잘 발현시키는 방법으로는 생지 표면으로 초극세섬유를 노출시키는 것을 필요로 한다. 물론 직조직으로 유연성이나 드레이프성을 얻을 수 있으나, 직물 표면에 초극세 섬유로 루프나 입모를 형성시킴으로서 천연 섬유에서는 볼 수 없는 부드러운 촉감을 얻을 수 있다. 또 루프나 입모가 없어도 구조사의 표층을 초극세 섬유로 구성시키므로 직물표면에 초극세섬유가 노출되

어 시각, 촉각 등의 효과를 얻을 수 있다^{1,2)}.

섬유의 섬도가 가늘어지면 단위 중량당 표면적이 증가하여 염착되는 염료의 양이 증가하게 되고, 초기 염색 속도가 빨라져 불균염을 일으키는 원인되기도 하며, 겉보기 농도가 감소하여 많은 양의 염료를 사용해야 된다. 이는 섬유의 비표면적이 현저히 증대되어, 섬유표면에서의 반사광이 분사되어 실제 염색물의 겉보기 표면농도가 떨어지는 것으로 알려져 있다^{3,4)}. 섬도가 가늘어질수록 염료 사용량을 증대시키는 것은 농색화 불량, 견뢰도(세탁, 승화 등) 저하 등의 원인이 되며, 극세사가 지나는 공통의 문제점이 되고 있다. 초기 염색속도가 빨라 발생하는 불균염성 향상을 위해서는 일반 섬유보다 더 낮은 온도에서 염색이 행해지고 승온 속도에 많은 주의가 필요하다. 또한 비표면적이 증가함에 따라 발생하는 covering성 저하 현상은 동일 색조를 내기 위

*Corresponding author. Tel.: +82-51-510-2408; Fax: +82-51-512-8175; e-mail: leemc@pusan.ac.kr

한 더 많은 염료의 흡착을 요구하게 되어 build-up 성이 큰 염료를 사용해야 한다⁵⁾. 이러한 많은 양의 염료 사용으로 인하여 세탁 건뢰도가 일반 섬유에 비하여 낮아지며, 이는 염색 후 세탁 공정에서 주어지는 열로 인해 섬유 내부에 있던 염료가 섬유 표면으로 빠져나오는 열 이행으로 인하여 발생하게 된다. 이 열 이행에 영향을 주는 인자로는 섬유의 구조나 섬도, 분산염료의 화학적 구조, 섬유에 염착된 염료의 양, 열처리 온도나 가공조건 등이 있다. 따라서 극세섬유나 초극세섬유의 세탁건뢰도 증진을 위해서는 섬유표면으로 열 이행되는 분산염료의 양을 줄이는 것이 직접인 방법으로 제안되고 있다⁶⁾. 또한 최근에 이르러 극세섬유사 제품에 적합한 염료들이 개발되어, 여러 가지 연구들과 제품생산에서의 문제점을 부분적으로 해결하여 공업화가 진행되고 있다. 그러나 산업용으로 사용되는 자동차 내장용과 인공피혁 같은 제품에 사용되는 세섬도 극세섬유는 여러 가지 높은 건뢰도가 요구되기 때문에 여기에 대한 산업의 각 분야에서 여러 가지 문제점이 발생하고 있다⁷⁻¹²⁾.

본 연구는 최근 극세화의 기술의 발달로 0.05d 섬유에서 0.01d 섬유의 개발로 인하여 섬유가 더욱 더 극세화됨에 따라 이들의 2가지 초극세 섬유를 중심으로 2종의 분산염료를 사용하여 염색속도와 평형염착 등의 기초적 염색거동을 검토하였고, 또한 극세사용 염료를 사용하여 염색건뢰도를 고찰하였다.

2. 실험

2.1 시료

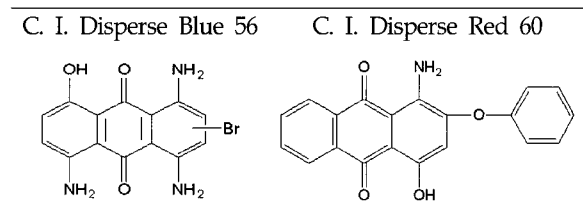
(주)코오롱에서 제공된 75d/16fil(169분할, monodénier 0.01d)와 130d/48fil(36 분할, monodénier 0.05d) 두 종의(일반 PET)/(알칼리 용해성 PET) 복합 방사형 폴리에스테르 해도사(ROJEL[®])와 0.01d 및 0.05d 두 종의 편직물을 사용하였다. 이들 시료를 탄산나트륨 1 g/L과 모노겐(monogen, 제일공업제) 1 g/L의 수용액에서 80℃, 20분간 정련하여 사용하였다. 감량 염색에 사용된 0.01d 편직물은 Tube Knitting기(24 Gauge, 직경 3 inch)로 제편된(초극세사 75d/16f + 고수축사 30d/12f, 비율은 71.4 : 28.6) 것이고, 0.05d 편직물은 Tricot기(28 Gauge, 2 Bar)로 제편(초극세사 130d/48f + 일반사 50d/24f, 비율은 73.8 : 26.2)된 것이다.

2.2 염색속도 및 Build-up성

0.01d 및 0.05d 초극세 섬유를 2종의 분산염료, 즉 C. I. Disperse Blue 56과 C. I. Disperse Red 60을 사용하여 100℃와 120℃에서 소정의 시간 염색하여 염색속도곡선을 얻었다. 실험에 사용한 분산염료의 화학구조는 Table 1에 나타내었다. 초기 염욕은 아세트산/아세트산나트륨 완충용액 pH 5.0로 유지하여 Disperse Red 60의 경우는 0.33g/L, Disperse Blue 56 염료는 0.18g/L의 초기 염욕 농도로 1000:1로 염색하였다. 염색 후 100% DMF 용액으로 반복 추출하여 비색정량법으로 염착량을 계산하였다.

Build-up성은 0.01d와 0.05d로 제편된 편직물에 대하여 3종의 초극세사용 분산염료(Red, Blue, Yellow SERD)를 3, 5, 7, 10% o.w.f.의 농도로 염색하였으며, 초극세사용 분산염료, Black SE3G의 경우는 5, 10, 15, 20% o.w.f.의 농도로 염색하였다. 염욕은 아세트산/아세트산나트륨 완충용액으로 pH 5.0을 유지하여 20:1의 욕비로 염색하였다. 염색은 50℃에서 10분간, 90℃에서 40분간 120℃로 승온한 후 40분간 유지시키고 다시 20분간 80℃로 냉각하여 염색하였다. 염색 후 80℃에서 40분간 환원세정 하였다. 환원세정액으로는 Sunmorl RC-110(Nicca Korea제)을 사용하여 5g/L의 농도로 처리하였다.

Table 1. Disperse dyes used in this study



2.3 건뢰도 시험

2.3.1 염색

세탁, 마찰, 일광 건뢰도를 시험하기 위하여 50℃에서 10분간, 90℃에서 40분간 120℃로 승온한 후 40분간 유지시키고 다시 20분간 80℃로 냉각하여 염색하였다. 염색 후 80℃에서 40분간 환원세정 하였다. 환원세정액으로는 Sunmorl RC-110(Nicca Korea제)을 사용하여 5g/L의 농도로 처리하였다.

건뢰도시험을 하기 위하여 0.01d와 0.05d로 제편된 편직물에 대하여 8종의 초극세사용 분산염료를 3% o.w.f.의 농도로 염색하였다. 초극세사용 분산염료인 Yellow SERD, Yellow-Brown SERD, Scarlet

SERD, Rubine SERD, Red SERD, Blue SERD, Navy SERD 및 Black SE3G(이상 8종, Lumacron Series Dyes, M. Dohman Korea)를 사용하였다. 염색의 조건은 Buildup성 측정 조건과 동일하다.

2.3.2 측색

염색된 초극세 섬유를 분광측색계(Macbeth Color eye 3100, USA)를 이용하여 D₆₅ 광원, 10°시야에서 CIELAB 표색계의 색차(ΔE_{ab}^{*})를 측정하였다. 또한 표면반사율을 측정하여 겉보기 색농도(K/S)를 다음의 Kubelka-Munk 식을 이용하여 구하였다.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

Where, K : absorption coefficient, S : scattering coefficient, R : reflectance

2.3.3 견뢰도 시험

세탁견뢰도 시험은 염색 시료에 대하여 KSK 0430(A-2)법에 의거하여 실시하였으며, 오염견뢰도 용 멀티하이버(multifiber)를 사용하였다. 마찰견뢰도는 KS K 0650법에 의거하여 crock meter법을 사용하였다. 일광견뢰도는 Fade-O-Meter(Hanwon, Korea)를 사용하여 크세논광원법으로 20시간 광조사하여 색차값 ΔE_{ab}^{*} 및 JIS L 0804법에 의한 Grey scale의 색의 변화 정도의 비교로부터 그 견뢰도를 평가하였다.

2.4 KES 측정

0.01d와 0.05d 초극세 편직물에 대하여 태 평가에 관한 역학적 특성 중 전단특성 및 굽힘특성을 KES (Kawabata Evaluation System) FB 측정장치로부터 구하여 직물의 유연성을 평가하는 척도로 삼았다. 또한 표면 특성을 측정하여 표면 거칠기를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 염색속도

Fig. 1은 0.01d 및 0.05d의 초극세 섬유를 Disperse Red 60 염료로, Fig. 2는 Disperse Blue 56 염료로 100°C 및 120°C에서 염색한 염색속도곡선을 나타낸 것이다. 0.01d 및 0.05d는 모두 NaOH 감량 처리하였을 때 감량률이 30%인, 즉 초극세 섬유로 완전 발현된 것이다. 100°C에서 염색한 경우는 0.05d보다 0.01d의 초극세 섬유가 더 빠른 속도로 염색된다.

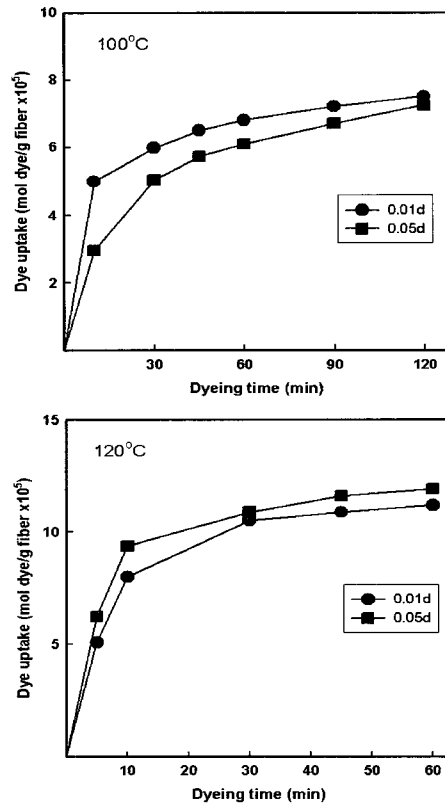


Fig. 1. Dyeing rate of Disperse Red 60 on polyester ultramicro fibers.

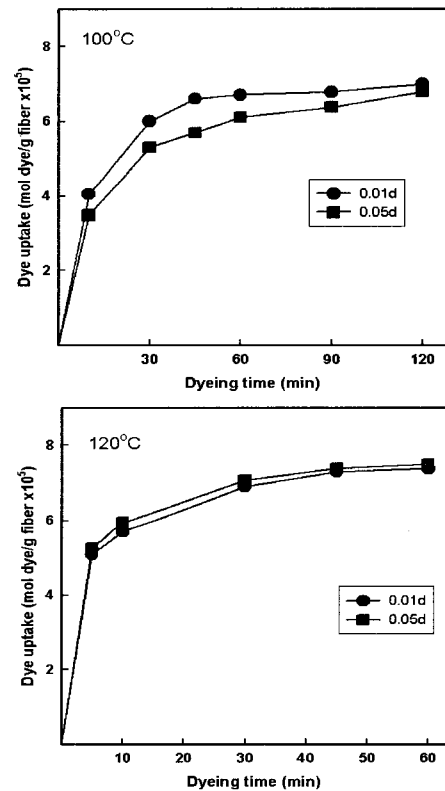


Fig. 2. Dyeing rate of Disperse Blue 56 on polyester ultramicro fibers.

반면에 120°C에서 염색한 경우는 0.05d 초극세 섬유의 염색속도가 더 빠르게 나타났다. 이는 저온인 100°C에서는 0.05d보다는 0.01d의 섬유 굵기가 작아 섬유내로의 확산이 상대적으로 빨라지는 반면에, 120°C에서 염색하게 되면 100°C에서 염색하는 경우보다 염료 분자의 활동성이 커져서 탈착되는 염료의 양이 증가한다.

3.2 Build-up성

Fig. 3은 PET 초극세 편직물을 초극세사용 분산 염료 3종, 즉 Yellow SERD, Red SERD 및 Blue SERD으로 각각 3%, 5%, 7% 및 10% o.w.f. 농도로 염색하여 염료의 Build-up성을 Total K/S로 나타낸 것이다. 0.01d의 경우를 살펴보면, Red 염료로 염색한 경우는 염료의 o.w.f. 농도가 증가하더라도 Total K/S의 차이가 없는 반면에, Blue와 Yellow 염료의 경우는 염료의 농도가 증가함에 따라 Total K/S가 증가하였다. 0.05d의 경우는 3종 염료 모두 염료의 농도가 증가함에 따라 Total K/S값이 증가하였다. 또한 0.01d보다는 0.05d의 초극세 편직물의 Total K/S값이 더 높게 나타났다.

Fig. 4는 0.01d 및 0.05d 초극세 편직물에 대한 초극세사용 분산염료 Black 염료의 Build-up성을 나타

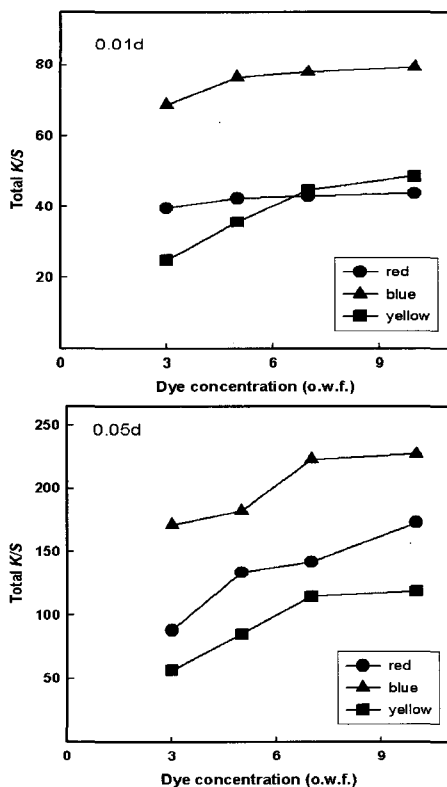


Fig. 3. Relationship between dye concentration and total K/S values in polyester ultramicro knitted fabrics.

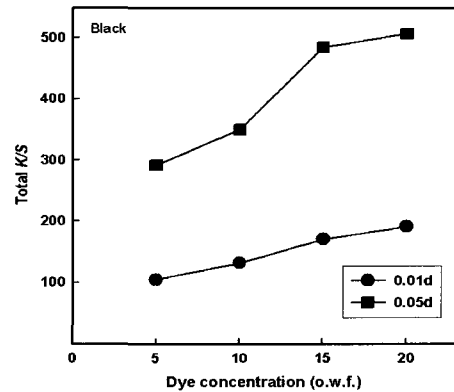


Fig. 4. Relationship between dye concentration and total K/S values in polyester ultramicro knitted fabrics.

낸 것이다. 염료 농도가 증가함에 따라 Total K/S가 증가함에 따라 Black염료의 Build-up성이 우수하다. 0.01d 초극세 편직물보다는 0.05d의 초극세 편직물의 Total K/S가 더 높게 나타나는 것으로 보아 세척되어 표면적이 넓어져 염착량이 증가하며 0.01d보다 0.05d의 경우가 섬유가 더 굵어 표면반사에 기인하기 때문에 0.01d 초극세 편직물보다는 0.05d 초극세 편직물의 Build-up성이 좋은 것으로 생각되어진다.

3.3 견뢰도

견뢰도 실험은 0.01d와 0.05d 두 종의 폴리에스테르 초극세 편직물을 8종의 초극세사용 분산염료로 염색한 후 세탁, 마찰 및 일광 견뢰도 실험하여 세탁의 경우 multifiber의 오염 정도에 따른 평가, 마찰의 경우 건/습 마찰에 따른 오염도의 평가, 일광은 변퇴색으로 평가하였다. Table 2는 0.01d 및 0.05d의 폴리에스테르 초극세 편직물의 세탁견뢰도의 결과를 나타낸 표이다. 0.01d 폴리에스테르 초극세 편직물은 0.05d 보다 세탁견뢰도 등급이 0.5등급 정도 낮게 나타났다. 이는 0.05d보다 0.01d의 초극세 편직물이 굵기가 더 가늘어 표면적이 넓어서 염료가 침투할 수 있는 공간이 많아져 초기 염색속도가 빠른 반면 염료의 탈착 또한 섬유가 큰 섬유보다 많이 일어나기 때문이라고 생각된다.

Table 3은 2종의 폴리에스테르 초극세 편직물에 대한 마찰견뢰도를 나타낸 것이다. 2종의 직물 모두 습마찰견뢰도가 건마찰견뢰도보다 좋지 않게 나타났다. 0.01d가 0.05d보다 마찰견뢰도 등급이 0.5급 정도 낮게 나타났다. 이는 세탁견뢰도와 같은 결과로 0.01d의 초극세 편직물이 0.05d 초극세 편직물보다 표면적이 커 마찰에 의한 염료의 탈착이 더 용이해지기 때문으로 생각된다.

Table 2. Wash fastness for disperse dyes on 0.01d and 0.05d polyester ultramicro knitted fabrics

Fiber	Disperse dye	Stainig on adjacent fabric				ΔE_{ab}^*
		Wool	Polyester	Nylon	Acetate	
0.01d	Yellow	3-4	4-5	3	3	2.82
	Yellow-Brown	4	4	3-4	3-4	4.27
	Rubine	4	4	2-3	3-4	2.61
	Scarlet	3-4	4	2-3	3	1.72
	Red	4-5	4-5	2-3	3	5.83
	Blue	4	3-4	2-3	3-4	3.52
	Navy	4-5	4	3-4	4	3.54
	Black	3-4	3-4	2-3	3	2.49
0.05d	Yellow	4	5	3-4	3-4	2.68
	Yellow-Brown	4-5	4-5	4	4	3.30
	Rubine	4-5	4-5	3	4	1.64
	Scarlet	4	4-5	2-3	3-4	1.35
	Red	4-5	4-5	4	3-4	3.11
	Blue	4-5	4	3	3-4	3.29
	Navy	4-5	4-5	3	4-5	2.24
	Black	3-4	3-4	2-3	3-4	1.46

Staining indicates the degree of staining for four kinds of fabrics in multifiber(staining test fabric).

ΔE_{ab}^* indicates the color difference in before and after washing.

Table 3. Rubbing fastness for disperse dyes on polyester ultramicro knitted fabrics

Dye	0.01d		0.05d	
	Dry	Wet	Dry	Wet
Yellow	3-4	3-4	4	4
Yellow-Brown	4	3-4	4-5	4
Rubine	2-3	1-2	3	2
Scarlet	2-3	2	3-4	2-3
Red	2-3	2	3-4	2-3
Blue	2-3	1-2	3-4	2-3
Navy	2-3	2	3	2-3
Black	3-4	3	4	3-4

Table 4. Light fastness for disperse dyes on polyester ultramicro knitted fabrics

Dye	0.01d		0.05d	
	Grade (grey scale)	ΔE_{ab}^*	Grade (grey scale)	ΔE_{ab}^*
Yellow	3-4	3.43	4	1.64
Yellow-Brown	3	6.01	3-4	4.27
Rubine	2-3	8.66	3	6.39
Scarlet	2-3	7.23	3-4	2.46
Red	3	4.67	3-4	2.88
Blue	2	11.91	3	8.04
Navy	2	12.29	3-4	5.02
Black	2	7.55	3-4	5.03

Table 5. Shearing, bending and surface properties by KES-FB system

Fiber	Shearing modulus, G (gf/cm dgree)	Shearing hysteresis		Bending modulus, B (gfc ² /cm)	Bending hysteresis, 2HB (gfc ² /cm)	Surface MIU
		2HG (gf/cm)	2HG5 (gf/cm)			
0.01d	2.93	6.38	4.82	0.016	0.042	0.345
0.05d	1.99	5.36	4.05	0.018	0.025	0.391

Table 4는 0.01d 및 0.05d 폴리에스테르 초극세 편직물에 대한 분산염료의 일광견뢰도를 나타낸 표이다. 일광견뢰도 또한 세탁, 마찰견뢰도와 마찬가지로 0.01d가 0.05d 보다 견뢰도 등급이 0.5급 정도 낮게 나타났다.

3.4 역학적 성질

Table 5는 KES 분석을 통해 전단, 굽힘 및 표면 특성을 나타낸 것이다. 전단, 굽힘 및 표면 측정 결과가 0.01d 초극세 편직물보다 0.05d 초극세 편직물이 더 유연한 태를 가지는 것으로 나타났는데, 이것은 섬

Table 6. Hand value by KES-FB system measurement

	KOSHI (Stiffness)	NUMERI (Smoothness)	FUKURAMI (Fullness & softness)
0.01d	5.27	7.98	10.32
0.05d	4.75	7.99	11.53

KOSHI : Stiffness(A feeling related with bending stiffness)

NUMERI : Smoothness(A mixed feeling come from smooth, limber and soft feeling)

UKURAMI : Fullness and softness

유의 조직의 차이와 0.01d의 기모조건의 확립이 되어 지지 않아, 파일이 최적의 상태로 형성되지 않은 것으로 생각된다. Table 6은 PET 초극세 편직물의 Hand value값을 나타낸 표이다. KOSHI를 제외하고 NUMERI, FUKURAMI 값 또한 0.05d의 값이 조금씩 높게 나타났다. 이것 또한 섬유의 조직의 차이와 0.01d의 기모조건의 확립이 되어지지 않아 파일이 최적의 상태로 형성되지 않은 것으로 생각된다.

4. 결 론

섬도가 다른 2종의 폴리에스테르 초극세 섬유(모노 데니어 0.01d, 0.05d)의 2종의 분산염료에 대하여 염색성 및 분산염료 8종에 대하여 세탁, 마찰 및 일광 견뢰도를 조사하였으며 KES 분석을 통해 전단, 굽힘 및 표면 특성을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폴리에스테르 초극세 섬유는 2종의 분산염료 모두 100℃에서는 0.01d가 0.05d 보다 염색성이 좋게 나타났지만, 120℃에서는 0.05d의 염색성이 0.01d 보다 좋게 나타났다. 그리고 0.05d의 편직물이 0.01d에 비하여 걸보기 표면농도(K/S)가 높게 나타나고, 또한 염료 농도가 증가함에 따라 Total K/S 값도 증가하였다.
2. 세탁 견뢰도와 마찰 견뢰도, 일광 견뢰도 모두 0.01d가 0.05d 보다 견뢰도 등급이 0.5급 정도 낮게 나타났다.
3. KES system에서 굽힘, 전단 그리고 표면특성은 0.01d보다 0.05d 가 더 유연한 handle을 가지는 것으로 나타났는데, 이것은 섬유의 조직의 차이와 0.01d의 기모 조건의 확립이 되어지지 않아, 파일이 형성되지 않은 것으로 생각된다. KOSHI, NUMERI, FUKURAMI도 동일하게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2004년 중기거점 기술개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. H. Yoneda, Melt-Spinning of Islands in the Sea Fibers, *Sen'i Gakkaishi*, **54**, 129-133(1998).
2. M. Matsudaira, The Mechanical Properties and Fabric Handle of Polyester-fiber 'Singosen' Fabrics, *J. Text. Inst.*, **85**, 158-172(1994).
3. Y. Yamaguchi, Y. Murata, and M. Nagayama, Relationship Between Tinctorial Depth and Fiber Fineness in Dyed Polyester Fabrics, *Sen'i Gakkaishi*, **54**, 10-16(1998).
4. H. Kobasa, B. Rubin, and S. M. Shearer, Using Optical Ray Tracing to Explain the Reduced Dye Yield of Microdenier Yarns, *Textile Res. J.*, **63**, 475-479(1993).
5. S. M. Burkinshaw, "Chemical Principles of Synthetic Fiber Dyeing", Blackie Academic & Professional, Glasgow, U.K., pp. 194-217, 1995.
6. S. D. Kim, K. S. Lee, B. S. Lee, C. H. Ahn, and K. S. Kim, Dyeing Properties and Improvement of Washfastness of Ultrafine Polyester, *J. Korean Soc. Dyers and Finishers*, **15**, 48-55(2003).
7. T. Kastuda, 新合纖染色用分散染料シリーズ「スミカロンMF染料シミヤー」, *Text. Proc. Tech. Jpn.*, **33**, 209-214(1998).
8. T. Ueda and Y. Yamamoto, 新合纖用濕潤堅牢度を有する赤色分散染料の開発, *Sen'i Gakkaishi*, **52**, 425-428(1996).
9. S. Yabushita, Y. Yamoto, A Study of the Wet-fastness of Disperse Dyes, *Dyeing Ind. Jpn.*, **41**, 518-525(1983).
10. T. Hihara, Development and Application of Disperse Dyes with Super Light Fastness, *Dyeing Ind. Jpn.*, **44**, 523-531(1996).
11. T. Matsuo, Challenge to Fineness : Direct Spinning of PET, *Sen'i Gakkaishi*, **54**, 74-77(1998).
12. F. Ise, Challenge to Fineness : Direct Spinning of Nylon, *Sen'i Gakkaishi*, **54**, 78-82(1998).